

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Азовцева Андрея Валерьевича «Микромагнитное моделирование спиновых явлений, вызванных упругими волнами и импульсами деформаций», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07—

«Физика конденсированного состояния»

Разнообразные проявления магно-фононного взаимодействия в магнитоупорядоченных средах, в том числе в новых микро- и наноразмерных структурах, представляют интерес как для фундаментальной физики, так и для практического применения в магноники, фононики, спинтронике, магнитной сенсорике. Диссертация Азовцева А.В. посвящена развитию метода микромагнитного моделирования применительно к задачам управления спиновыми явлениями с помощью упругих волн и импульсов деформаций и является несомненно **актуальной**.

В диссертации получен ряд **новых результатов** мирового уровня. Отметим некоторые из них.

-Впервые проведено детальное микромагнитное моделирование воздействия упругих волн и импульсов деформаций на ферромагнитные плёнки и магнонные гетероструктуры с учетом затухания, магнитоупругого и других релевантных вкладов в эффективное поле для прецессии намагниченности, а также обратного воздействия акустически индуцированной магнитной динамики не упругую подсистему.

-Показано, что бегущие акустические волны сопровождаются спиновыми волнами с той же длиной волны и частотой, обеспечивая их распространение на большие расстояния даже в материалах с существенным магнитным затуханием. В феррите кобальта на частоте ФМР характерная длина распространения связанных упругих и спиновых волн составляет около 70 мкм.

- Показано, что воздействие пико- и наносекундных импульсов деформаций на плёнки гальфенола приводит к возбуждению в них неоднородной магнитной динамики в виде стоячих спиновых волн с временами жизни 0.1 до 1 нс и спектральным составом с террагерцовыми частотами спин-волновых резонансов, причем в относительно слабых магнитных полях величиной в несколько килоэрстед.

Полученные в диссертации результаты бесспорно представляют как **фундаментальный**, так и **практический интерес**, что достаточно убедительно обосновывается в автореферате.

В качестве **замечаний к автореферату** отметим следующее.

1. При описании содержания второй главы не указывается направление магнитного поля относительно плоскости пленки, направления волнового вектора упругой волны и ее поляризации. В этой главе рассматриваются два упругих полупространства, разделенных тонкой ферромагнитной пленкой. Неясно, почему в такой среде образуется стоячая упругая волна, причем с волновым вектором, лежащим в плоскости ничем не ограниченной пленки?

2. На стр. 14 делается вывод, что «упругая волна служит носителем спиновой волны, которая сама по себе быстро исчезла бы в  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  из-за большого затухания Гилберта». Действительно, магнитное затухание значительно превосходит упругие потери даже для такого материала, как ЖИГ. Однако при равенстве частот и длин упругих и спиновых волн образуются связанные магнитоупругие волны с затуханием равным среднему арифметическому от магнитного и акустического вкладов в затухание (см, напр., книгу А. Г. Гуревича и Г.А. Мелкова). Т.е., затухание магнитной прецессии может уменьшиться не более, чем в 2 раза. В то же время упругие деформации будут испытывать намного большее затухание по сравнению с чисто упругими волнами. Т.о., полученное из численного расчета увеличение характерной длины распространения более чем на 3



порядка (70 мк по сравнению с 10 нм для чисто спиновой волны) требует, на наш взгляд, дополнительного пояснения.

3. Имеется ряд замечаний к стилю изложения. Например, автор неоднократно применяет словосочетание «большееугловая прецессия намагниченности». Это может означать как прецессию с большой угловой скоростью, так и большой угол конуса прецессии намагниченности. Иногда утверждения диссертанта носят слишком категоричный характер, как, например, суждение относительно ограниченности аналитического подхода по сравнению с методом микромагнитного моделирования (конец раздела Актуальность темы).

Указанные замечания не влияют на высокую оценку работы в целом. Новые научные результаты, полученные диссертантом, находятся на мировом уровне и имеют существенное значение как для понимания физики магнитоупругих явлений, так и для их практического применения в акустической спинтронике. Вошедшие в диссертацию результаты полностью отражены в 5 печатных работах, которые опубликованы в престижных изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus. Результаты исследования регулярно докладывались на международных и российских конференциях. Автор диссертации хорошо известен в научных кругах, а его научные работы активно цитируются. Содержание автореферата подробно отражает цели и задачи работы, а также полученные результаты.

Считаю, что работа «Микромагнитное моделирование спиновых явлений, вызванных упругими волнами и импульсами деформаций», представляет собой законченное научное исследование, полностью удовлетворяющее требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, Азовцев Андрей Валерьевич, несомненно заслуживает присуждения искомой степени по специальности 01.04.07— «Физика конденсированного состояния».

Главный научный сотрудник  
Института радиотехники и электроники  
им. В.А.Котельникова РАН,  
зав. лабораторией полупроводниковых приборов,  
доктор физ.-мат. наук

Ползикова Наталья Ивановна

Адрес: 125009, г. Москва, ул.Моховая, д. 11 стр.7. ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, т. 89104282641, e-mail: polz@cplire.ru

2 ноября 2020 г.

Подпись Н.И.Ползиковой заверяю.

Ученый секретарь ИРЭ им.В.А.Котельникова РАН



И.И.Чусов